

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра екології

ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ

МЕТОДИЧНО-ІНФОРМАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

до самостійного вивчення дисципліни та виконання індивідуальних завдань
для студентів напрямку підготовки
6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування

Дніпропетровськ
НГУ
2012

Хімія з основами біогеохімії. Методично-інформаційні матеріали до самостійного вивчення дисципліни та виконання індивідуальних завдань для студентів напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування [Текст] / А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, І.І. Клімкіна, В.В. Федотов. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 30 с.

Автори:

А.І. Горова, д-р біол. наук, проф.;
С.М. Лисицька, канд. с.-г. наук, доц.;
А.В. Павличенко, канд. біол. наук, доц.;
І.І. Клімкіна, канд. біол. наук, доц.;
В.В. Федотов, асист.

Затверджено методичною комісією з напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування (протокол № 2 від 09.04.2012) за поданням кафедри екології (протокол № 3 від 05.04.2012).

Викладено теоретичні відомості про міграційну активність токсичних елементів (важких металів) в екосистемах, що покликані допомогти студентам у процесі самостійної індивідуальної роботи проводити розрахунки, обирати раціональні заходи вирішення екологічних проблем.

Призначено для студентів відповідного напряму підготовки.

Відповідальна за випуск завідувач кафедри екології д-р біол. наук, проф. А.І. Горова.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дані методичні матеріали до самостійної роботи з дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» призначаються для студентів напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування.

Самостійне набуття навичок з біогеохімічних основ та закономірностей біосфери та геосфери є необхідною складовою підготовки майбутніх фахівців.

Методичні рекомендації містять стислий огляд теоретичного матеріалу за темою розглядання біогеохімічних аномалій, пов'язаних з присутністю важких металів в природному середовищі, а також контрольні завдання, теми рефератів, довідковий матеріал у вигляді схем, рисунків, таблиць, список рекомендованої літератури.

Мета методично-інформаційного матеріалу – систематизація та закріплення знань з даної дисципліни, що сприяє успішному сприйняттю, запам'ятовуванню та дозволяє проникнути у сутність біогеохімічних процесів.

За словами В.І. Вернадського, обличчя планети, її жива оболонка – біосфера – хімічно швидко змінюється людиною свідомо та несвідомо. Внаслідок глобального антропогенного тиску природне середовище забруднюється різноманітними токсичними речовинами.

Частина з цих речовин-забруднювачів – *біоциди* (токсиканти, які здатні вбивати живі організми) – поступають у навколишнє середовище в результаті господарської діяльності, а саме: у вигляді важких металів; нафти; продуктів її згоряння (N_xO_y , SO_y , CO , CO_2); відходів машинобудування, транспорту, теплоти електроспоживання тощо.

Гетерогенність (мозаїчність) розподілу хімічних елементів у різних природних середовищах чітко простежується за неоднорідним вмістом важких металів, яким притаманна підвищена акумулююча здатність.

Важкі метали різними шляхами потрапляють у трофічні ланцюги, викликають захворювання людей, інколи навіть летальні випадки.

Важкі метали – природні сполуки, поширені по всій території Земної кулі, – містяться у материнських породах земної кори. Вони є екологічним фактором, який, з одного боку, у мікрокількостях необхідний для рослинних організмів, а з іншого – при збільшенні концентрацій виявляється негативним чинником їх життєдіяльності.

Важкі метали мають високу технофільність у біосфері, руйнують природні водні та наземні екосистеми. До цієї групи належать більше 40 хімічних елементів періодичної системи Д.І. Менделєєва з атомними масами понад 50 а.о.м.

Інколи «важкими металами» називають елементи, які мають щільність більшу за $7 - 8 \text{ г/см}^3$ (за класифікацією Н.Ф. Реймерса).

Райони, в яких концентрація хімічних елементів за рядом причин перевищує кларковий рівень або нижча за нього, називають *біогеохімічними провінціями*. Формування біогеохімічних провінцій зумовлено особливостями ґрунтотворних процесів і присутністю рудних аномалій. При забрудненні

біосфери утворюються техногенні аномалії, де вміст хімічних елементів (важких металів) в десятки разів більший за фоновий (середньостатистичного у незабруднених ландшафтах).

Група важких металів бере активну участь у біологічних процесах, багато з них входять до складу ферментів. У значних кількостях вони знаходяться у ґрунтовому і водному середовищах, звідки мігрують трофічними ланцюгами. Тому найбільш поширеним є вивчення впливу важких металів саме на продуцентів, тобто на рослинні організми.

Експериментально встановлено, що особливо токсичними є дев'ять металів: Hg, Cd, Pb, Cr, Mo, Ta, Ni, Sb, As.

Польські вчені ранжували важкі метали за потенціалом забруднення на 4 групи:

- 1– Hg, Cr, Cd, Pb, Cu, Tl, Sn, Sb, Ag, Au – з дуже високим;
- 2 – Bi, U, Mo, Ba, Mn, Ti, Fe, Se, Te – з високим;
- 3 – F, Ni, V, Be, Co, As, Li, Zn, I, Br, W, Ge, In, Al – з середнім;
- 4 – Sr, Zr, La, Nb – з слабким.

Серед перелічених хімічних елементів найбільш токсичні сполуки утворюють Pb, Hg, Cd, Cr.

Тому важливо проводити екологічний моніторинг потрапляння найбільш шкідливих елементів важких металів у ґрунти, продукти харчування, питну воду. Названі речовини – індикатори забруднення довкілля.

Методичний матеріал допоможе студентам у розумінні екологічних підходів до охорони навколишнього середовища.

2. ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ПРИСУТНОСТІ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У БІОСФЕРІ

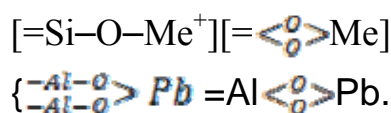
Головним природним джерелом важких металів є магматичні та осадові породи і породотвірні мінерали.

Надходження важких металів у біосферу внаслідок техногенного розсіювання виникає різними шляхами. Основними є викиди при високотемпературних процесах (чорна та кольорова металургія, випалювання цементу, згоряння палива).

Крім того, зрошені побутовими стічними водами важкі метали виносяться з відвалів, копалень та ін.

Форми знаходження елементів важких металів у складі газопилових викидів підприємств однотипні, переважно це оксиди, проте форми MeS – менш розповсюджені. Іони важких металів здатні специфічно адсорбуватися ґрунтами з утворенням відносно стійких сполук з деякими функціональними групами (з поверхневими –ОН групами алюмосилікатів або $Al(OH)_3$).

Розглянемо приклад зв'язування важких металів твердими фазами ґрунтів:



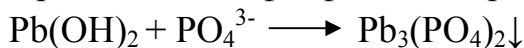
Процес трансформації речовин, що надійшли до ґрунту в ході техногенезу важких металів, включає такі стадії:

- перетворення оксидів металів у гідрооксиди (карбонати, гідрокарбонати);
- розчинення гідроксидів металів (карбонатів, гідрокарбонатів) та адсорбція катіонів важких металів фазами ґрунтів;
- утворення фосфатів важких металів та їх сполук з органічними речовинами ґрунтів.

Біогеохімічний цикл Pb. Свинець у характерних для біосфери умовах являє собою сполуки з різним ступенем окиснення: +2; +4 (сульфід, оксид та діоксид свинцю). У природі найбільш поширеною копалиною, з якої добувається Pb, є руда – свинцевий блиск – PbS.

Найбільший вплив на стан Pb в ґрунтах здійснюють аніони: CO_3^{2-} , OH^- , S^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} ; (легко утворюється $\text{Pb}(\text{OH})_2$ у нейтральному та лужному середовищі за реакцією: $2\text{Pb} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Pb}(\text{OH})_2$).

З розчиненими фосфатами гідроксид свинцю утворює осад:



або важкорозчинний плумбогуміт: $\text{PbAl}_3\text{H}(\text{OH})_6(\text{PO}_4)_2$ (при всіх pH).

В кругообігу свинцю (рис. 1) спостерігається процес перетворення природного компонента Pb природного середовища у забруднювач.

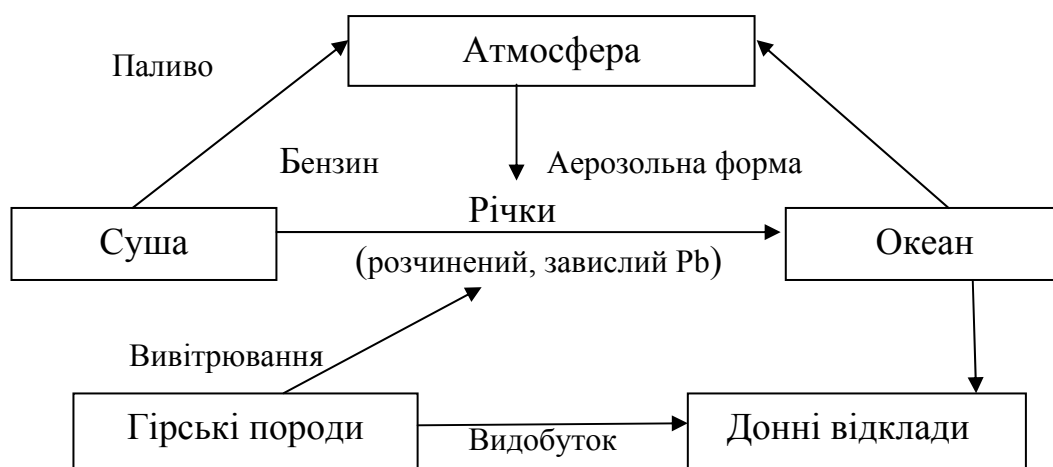


Рис. 1. Глобальний цикл свинцю в навколишньому середовищі (10^6 кг/рік)

Селективне збагачення повітряних аерозолів свинцем або іншими металами зумовило виникнення *біометилізації* – утворення тетраметилсвинцю в результаті діяльності мікроорганізмів. Певний внесок у насичення атмосферних мас свинцем також вносять вулканічні процеси і сортування металів водними плівками газових бульбашок.

Світове виробництво Pb постійно зростає. Викиди Pb в атмосферу досягають $43 \cdot 10^5$ т/рік і його антропогенне надходження значно перевищує природне. При згорянні нафти та бензину у навколишнє середовище надходить 50 % усього антропогенного Pb.

Свинець є кумулятивною отрутою для людини та багатьох видів тварин. В тілі людини період напіврозпаду складає декілька років. Симптоми отруєння: анемія, постійна втомлюваність, ураження шлункового апарату, хвороби печінки, нирок.

Біогеохімічний цикл Hg. Ртуть характеризується високим потенціалом іонізації, є хімічно стійким елементом. Одна з головних особливостей іонів Hg – здатність до утворення комплексних сполук. Найбільш стійкі комплекси з Hg ті, що містять атоми галогенів, вуглецю, азоту, фосфору, сірки. Ртуть утворює значну кількість комплексних сполук з органічними реагентами високої твердості типу $RHgX$ (R – органічний радикал, X – органічна чи неорганічна речовина), які виявляються в опадах, природних водах.

В природі Hg зустрічається як у самородному стані, так і в сполуках – ртутних мінералах (HgO – монтроїдит, HgS – кіновар, $HgSe$ – тиманіт, $HgCl_2$ – сулема). Кларк ртуті у земній корі малий: $4,5 \cdot 10^{-6}$ %. Hg входить як ізоморфна або механічна домішка у мінерали: пірит, молібденіт та ін., в кам'яне вугілля.

До настання індустріальної ери кругообіг природної ртуті майже не впливав на живі організми. Розробка родовищ та промислове використання ртуті збільшило її надходження в атмосферу, перенесення з поверхневими і підземними водами. Збільшення вмісту Hg в об'єктах довкілля, як і в інших важких металів, стало серйозною проблемою.

Неорганічні сполуки Hg зараз використовуються менше ніж органічні похідні. Саме вони є токсичними і шкідливими, тому що входять у земні та водні харчові ланцюги. У навколишньому середовищі має місце процес переходу неорганічної ртуті в її органічні похідні типу: $RHgX$ – біологічна металізація. Біологічна трансформація неорганічної ртуті проходить у анаеробних умовах в масі органічних речовин донних осадів морських та прісних водойм за такою формою перетворення: $Hg^{2+} \longrightarrow CH_3Hg^+$.

На рис. 2, 3 показана схема металізації ртуті у водному середовищі за участю гідробіонтів. Схема включає перетворення Hg промислових скидів у донних осадах, вживання з водою планктоном, рибами, розкладання під дією УФ-проміння і потрапляння в атмосферу.

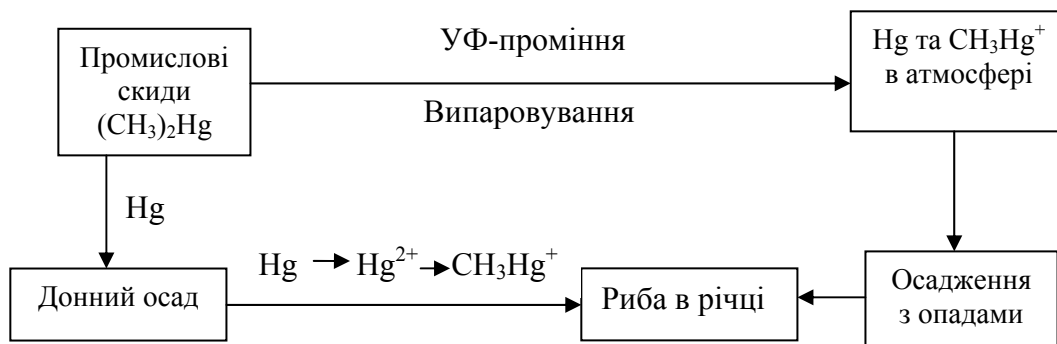


Рис. 2. Схема біологічної металізації Hg у водному середовищі

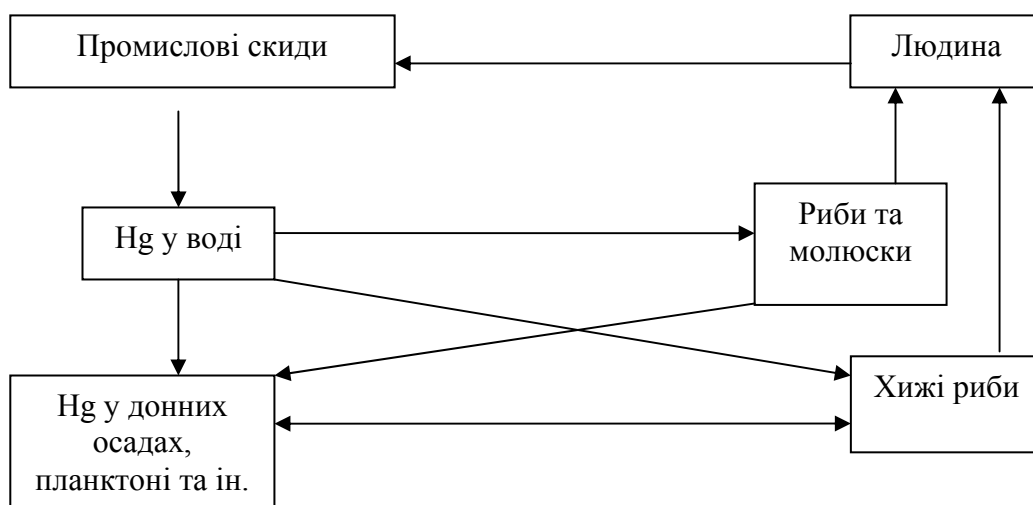


Рис. 3. Схема трофічних ланцюгів Hg, зумовлених промисловими скидами

Атмосферна циркуляція Hg має двоякий характер:

1 – повітряні маси та опади переносять Hg від індустріальних джерел;

2 – $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}^{2+}$ випаровується в атмосферу з утворенням метилртуті CH_3Hg^+

– дуже токсичної речовини.

Отже, ртуть може випадати з опадами у віддалених районах, потрапляти в організм людини (вражати слизову оболонку, печінку, мозок, призводити до розладу вестибулярного апарату, втрати зору та слуху).

Період напіврозпаду Hg в організмі людини складає 75 діб, у риби – 200. Хронічне отруєння ртуттю має назву *меркуріалізм*.

Біогеохімічний цикл Cr. Хром відрізняється тим, що в кругообігу перебуває в різних ступенях окиснення (від +2 до +6) і виявляє здатність утворювати комплексні іони: $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$, CrO_4^{2-} .

В природних сполуках хром має такі ступені окиснення: +3 і +6 (Cr^{3+} більш стійка форма).

Основними джерелами Cr в біосфері є промислові відходи таких видів:

- гальванічні осади;
- відходи шкіряних виробництв;
- осади стічних вод;
- стічні води виробництва клею та барвників.

Іони Cr^{+6} , що надходять з антропогенних джерел, в прісних водах відновлюються до Cr^{3+} , а потім сорбуються завислими речовинами і донними осадами. Поведінка Cr залежить від кислотності середовища (pH) і окисно-відновлювального потенціалу. В інтервалі pH = 5–7 переважає Cr^{+3} , а при pH >7 – Cr^{6+} . На активність Cr також впливає присутність органічних речовин. Так, гумінові речовини ґрунтів зв'язують іони хрому в стійкі комплекси форми, що має певне екологічне значення.

Біогеохімічні цикли Cr (рис. 4) добре вивчені для екосистем прісних та солоних водойм. Встановлено, що Cr^{6+} і органічні сполуки хрому не осідають з гідроксидом заліза в морській воді. Взагалі, у воді хром на 10 – 20 % містить Cr^{3+} і на 25 – 40 % – Cr^{6+} (причому на 45 – 65 % в органічній формі).

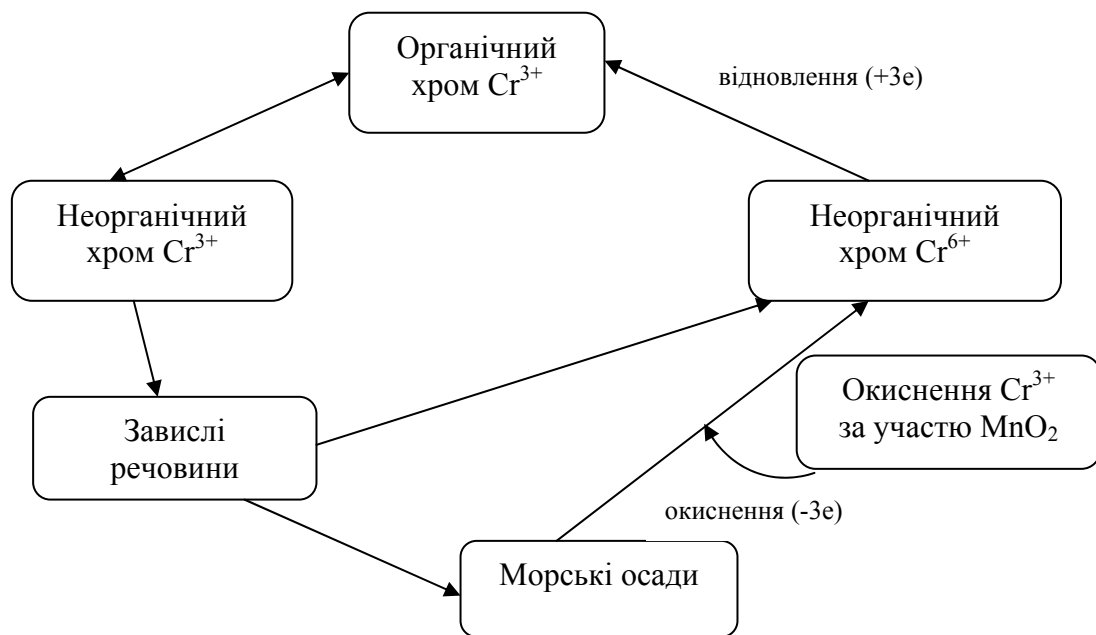


Рис. 4. Схема кругообігу Cr в морській воді

Біогеохімічний цикл Cd. Кадмій у біосфері зустрічається в формі трьох кадмійовмісних мінералів. Однак усі вони не утворюють рудних порід, а знаходяться в поліметалевих рудах як супутники (ізоморфні включення).

З промислових підприємств Cd потрапляє в ґрунти, атмосферу, воду, а далі – в рослини, поглинається рибами тощо.

Кларк Cd в земній корі складає $1,8 \cdot 10^{-5} \%$, а в живій речовині він ще нижчий – $2,0 \cdot 10^{-7} \%$. Окремі організми здатні концентрувати цей елемент, наприклад молюски (в золі слимаків вміст Cd досягає 0,04 %).

Забруднення ґрунтів в основному визначається реакцією середовища (pH) і переважною кількістю у розчині аніону. Так, в умовах лужного середовища інтенсивно поглинаються Cd і Co, а в кислому – сорбуються Pb, Cu, Zn.

Технофільність Cd, яка пов'язана з високим кумулятивним коефіцієнтом, значна й аналогічна іншим пріоритетним полютантам: $1,0 \cdot 10^9$ ум.од.

Усі сполуки Cd незалежно від їх агрегатного стану (пил, дим, туман, аерозольні пари) є дуже токсичними. В результаті отруєння Cd перш за все страждають серцеві м'язи, органи дихання (канцерогенна дія на легені), паралізується діяльність центральної нервової системи, травневого апарату, порушується сон.

3. МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

3.1. Метод використання гумінових речовин для регуляції вмісту важких металів у ґрунтах

В ґрунтах відбуваються складні процеси трансформації хімічних елементів (як біогенів, так і важких металів). На даний час у зв'язку з техногенною емісією металів важливу роль відіграє педосфера як регулятор міграційних потоків мас важких металів та інших елементів.

Груповий склад родючих ґрунтів визначається якісним і кількісним вмістом специфічних речовин ґрунтового гумусу (гумінові кислоти, фульвокислоти і гумін) і неспецифічних (ліпіди, низькомолекулярні органічні кислоти та ін.). Вищеназвані речовини розглядаються як сукупність споріднених за будовою і властивостями сполук. Найважливішими є групи гумінових кислот (ГК), фульвокислот (ФК), гематомеланових кислот (ГМК), гуміну (негідролізованого залишку) та неспецифічних сполук. Вміст нерозчинного залишку складає 30 – 40 % від загального вмісту гумусу і слабо варіює за типами ґрунтів. Груповий склад гумусу характеризує функцію біохімічної активності ґрунту і специфіку процесу гуміфікації у різних типах ґрунтів.

За хімічною природою гумінові кислоти являють собою полідисперсну гетерогенну групу азотовмісних органічних кислот, що включає ароматичні цикли та аліфатичні ланцюги. Їх молекулярні маси складають десятки тисяч вуглецевих одиниць. Основними структурними одиницями гумінових кислот є ароматичні ядра, що включають гетероцикли, бічні ланцюги і периферичні функціональні групи: метоксильну – $\text{O}-\text{CH}_3$, карбоксильну – COOH , карбонільну – CHO , гідроксильну – OH , фенольну – $\text{C}_6\text{H}_5-\text{OH}$, амідну – $\text{CO}-\text{NH}_2$ і спиртову – CH_2-OH . Також є дані про присутність у них хіноїдних, ефірних і кетонних груп.

Фульвокислоти – це специфічна гетерогенна полідисперсна група високомолекулярних азотовмісних органічних кислот (амінокислот), які на відміну від гумінових кислот характеризуються високою розчинністю і рухомістю (за рахунок присутності в них більшої кількості карбоксильних і фенольних груп). Тому для розчинів фульвокислот властиве сильно кисле середовище ($\text{pH} = 2,6 - 2,8$). Кількісний склад амінокислот у фульвокислотах мало змінюється (в чорноземах вміст амінокислот в фульвокислотах і гумінових кислотах практично не відрізняється). Кількість амонійного азоту, який є основною частиною загального азоту, в фульвокислотах незначний – 1,6 – 1,8 %.

Негідролізований залишок гумусу – гумін, до складу якого входять карбоксильна – COOH і фенольна $C_6H_5 - OH$ групи, володіє кислотними функціями. Гумін має значну питому поверхню: від 600 до 1000 м² на 1 г ґрунту і характеризується значною адсорбційною здатністю. Обмінно-катіонні властивості (400 – 600 мг·екв/100 г) дозволяють йому поглинати, утримувати воду й мати схильність до коагуляції.

Водорозчинні сполуки металів (комплексних сполук, гідроксидів, карбонатів чи гідрокарбонатів, фосфатів тощо) потрапляють в ґрунти, вступають у реакцію з водорозчинними гумусовими кислотами.

Саме ця здатність гумінових кислот і фульвокислот гумусу ґрунтів зв'язувати катіони важких металів у стійкі водорозчинні комплексні сполуки (хелати) є екологічною перевагою педосфери.

Отже, стійкість запасів гумусу в ґрунтах зумовлюється, перш за все, вмістом гумусових кислот, що виконують в основному консервуючу роль, і гуміну, який забезпечує достатню ємність катіонного обміну, буферність, оптимальний водно-повітряний режим.

Серед найважливіших екологічних властивостей гумінових речовин можна виділити п'ять основних: акумулятивну, транспортну, регуляторну, протекторну і фізіологічну.

Акумулятивна функція полягає в накопиченні елементів живлення та енергетичного матеріалу для рослин, тварин і мікроорганізмів. Це пояснюється тим, що гумінові кислоти у водних розчинах утворюють цілий ряд нерозчинних органомінеральних сполук, маючих високу поглинальну здатність, можливість закріплювати їх у ґрунті про запас як джерело накопичених поживних речовин для майбутніх поколінь рослин. Таку функцію не слід розглядати як пасивну сукупність елементів живлення, оскільки акумулятивний процес може відбуватися і в ґрунтових розчинах.

Регуляторна функція включає:

- формування структури і водно-фізичних властивостей ґрунту;
- встановлення рівноваги в реакціях іонного обміну, окиснювально-відновних процесах;
- оптимізацію умов мінерального живлення рослин за рахунок впливу гумусових речовин на розчинність мінеральних компонентів і їх доступність для живих організмів;
- підтримку теплового режиму ґрунтів шляхом впливу на спектральну і відбивну здатність ґрунтів, теплоємність і теплопровідність ґрунтової маси;
- регулювання процесів внутрішньогрунтової диференціації хімічного складу.

Протекторна функція полягає у здатності гумінових речовин зв'язувати токсичні елементи в малорухливі або важкодисоційовані сполуки. Гумінові кислоти здатні нейтралізувати несприятливий вплив пестицидів, надмірних доз мінеральних добрив, важких металів і деяких радіоактивних ізотопів на культурні рослини. Дана функція охоплює не тільки системи ґрунт – рослина, але й інші компоненти ландшафту. Так, було показано, що достатньо гумусовані

грунти виконують роль геохімічного бар'єра і запобігають надходженню в ґрунтові води шкідливих речовин.

Фізіологічна роль гумінових речовин як фізіологічно активних сполук визначається їх здатністю виступати у ролі регуляторів росту і розвитку рослин. Здатність гумінових речовин підвищувати врожайність різних сільськогосподарських культур при замочуванні насіння, позакореневій підгодівлі та внесенні до ґрунту препаратів гумату натрію торф'яного і буровугільного походження відома вже давно.

Гумінові речовини позитивно впливають на фізичні властивості ґрунтів, головним чином на агрегатний склад. Відмічено також позитивний вплив гумусу на вологозатримувальну здатність, пористість ґрунтів, водоміцність агрегатних частинок. Встановлено, що під впливом гумінових кислот змінюється гідрофобність ґрунту.

Враховуючи, що деградація ґрунтів України пов'язана насамперед зі зменшенням запасів природного гумусу та зниженням його якості, доцільним є пошук та впровадження різних заходів, які можуть забезпечити поліпшення стану орних ґрунтів за допомогою гумусу.

3.2. Біотехнологічні методи відновлення біогеохімічного балансу важких металів у біосфері

У наш час всебічно досліджується очищення ґрунтів методом біоремедіації з метою детоксикації забруднювачів (важких металів) у ґрунті чи воді. В цих методах використовуються мікроорганізми, рослини чи їх ферменти.

Перспективною вважається фіторемедіація – використання рослин з метою ліквідування, утримування чи трансформування поллютантів, в тому числі й важких металів. Зокрема, для фіторемедіації ґрунтів від Cd, Pb, Cu та Cr використовується цілий ряд деревних та трав'янистих рослин: *Salix viminalis*, *Rumex tiashanicus*, *Rumex patientia*, *Sorghum bicolor*, *Zea mays* та ін. Крім того, для очищення ґрунтів від важких металів можна використовувати рослини, які здатні утворювати мікоризу. Це пов'язано з деякими особливостями метаболізму рослин, які мають симбіотичну взаємодію з грибами. Наприклад, мікориза стримує індукований кадмієм стрес у клітинах гороху.

Нещодавно була знайдена рослина-металофіл *Arabidopsis halleri*, яка здатна накопичувати великі кількості кадмію і цинку від сухої маси – 2,2 % і 0,28 % відповідно. Вченим-генетикам вдалося вивести сорт виду *Arabidopsis thaliana*, який також накопичує великі кількості цих двох металів.

Активізувати життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів в умовах надлишкового вмісту важких металів можна шляхом штучного збагачення ґрунту високоефективними селекціонованими культурами бактерій, які, завдяки своїй резистентності до важких металів, забезпечать надійне функціонування мікробної системи ґрунту та запобігатимуть зниженню продуктивності сільськогосподарських культур.

Важливою і широко розповсюдженою в ґрунтах групою мікроорганізмів є бактерії роду *Bacillus*. Їхня різноманітна біологічна активність і висока

резистентність до несприятливих умов середовища відіграють суттєву роль в процесах кругообігу речовин у природі, у формуванні стабільності й активності біологічних процесів у ґрунтах та в цілому в агрофітоценозах різних природно-кліматичних зон. Рядом українських вчених-мікробіологів відмічено, що бацили є перспективною групою мікроорганізмів, які здатні забезпечувати достатній рівень активізації мікробних процесів знешкодження впливу важких металів у прикореневій зоні рослин.

Тому останнім часом віддаються переваги мікробіологічним заходам з біоремедіації, а саме: комплексу методів з очищення ґрунту з використанням метаболічного потенціалу біологічних об'єктів – бактерій роду *Bacillus*, які мають комплекс агрономічно-корисних властивостей.

Поширеним методом очищення промислових стічних вод від важких металів є аеробний процес окиснення забруднюючих речовин в біологічних прудах (біоплато, поля фільтрації), а також у спеціальних спорудах – біофільтрах і аеротенках.

В біологічних прудах (біоплато) (рис. 5) аеробне окиснення являє собою процес мінералізації органічних сполук за участю мікроорганізмів водного середовища, водоростей та вищих водних рослин (очерет, рогіз, рдест, сусак та ін.).



Рис. 5. Біоплато для доочищення стічних вод

Сприятливими умовами для ефективного проходження окиснювальних реакцій є незначна глибина, відсутність течії, велика кількість мікроводоростей, які насичують воду киснем, достатність найпростіших, споживаючих бактерії, тощо. Наявність вищих водних рослин, які поглинають не тільки значну кількість біогенних елементів, а й токсичні речовини (важкі метали, феноли, нітросполуки, пестициди тощо), інтенсифікує ступінь очищення стічних вод.

Цей метод ефективно використовують для доочищення як побутових стоків, так і промислових, в тому числі у гірничій промисловості.

Поля фільтрації зазвичай формуються як спеціалізовані земельні ділянки, виділені для викидів на них забруднених стічних вод, з ґрунтовими аеробними мікроорганізмами, які шкідливі органічні речовини біохімічно перетворюють на воду і вуглекислий газ.

Масштабне використання біологічних прудів і полів фільтрації обмежує сезонний характер їх роботи через незначну пропускну здатність, а також необхідність у відведенні великих земельних площ та постійне контролювання рівня ґрунтових вод. Тому на практиці також користуються штучними спорудами типу резервуарів (біофільтри, аеротенки).

Біологічні фільтри (біофільтри) – це спеціальні типи біореакторів з об'ємним завантаженням фільтрувального елемента (носія), на якому зафіксована (імобілізована) біомаса у вигляді біологічної плівки (принципова схема показана на рис. 6).

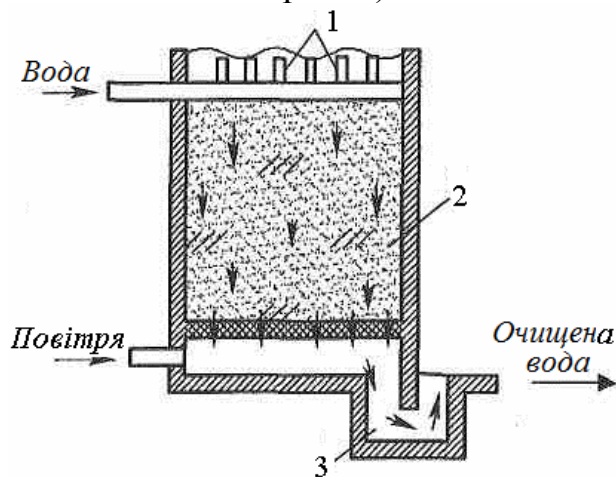


Рис. 6. Принципова схема біофільтра:
1 – подача води; 2 – фільтрувальний матеріал з фіксованою біомасою (біоплівкою);
3 – відведення очищеної води

Завдяки наявності біоплівки, яка утворюється колоніями мікроорганізмів біоценозу, інтенсивно протікають процеси біологічного окиснення. Саме вона відіграє головну роль у процесі очищення стічних вод.

В біофільтрах забруднена вода проходить через шар завантаженого матеріалу (роздроблені гірські породи, пластмаси, синтетичні тканини та ін.), вкритого біоплівкою. Нерозчинні домішки, колоїдні та органічні речовини, сорбуючись біологічною плівкою, залишаються у фільтрувальному матеріалі. Товщина утворюваної біоплівки залежить від величини питомої поверхні матеріалу, гідравлічного навантаження, концентрації органічних речовин, впливу факторів зовнішнього середовища. Відмираюча біоплівка виноситься із біофільтра очищеною водою.

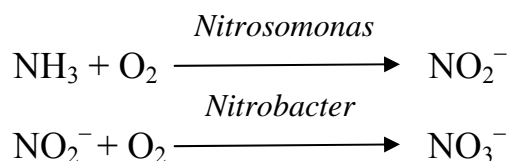
При середньорічній температурі повітря до $+3^{\circ}\text{C}$ біофільтри розміщуються в опалювальному приміщенні, а при більш високій середньорічній температурі вони можуть працювати без штучного підігріву.

Аеротенки належать до гомогенних біореакторів. Типова конструкція його являє собою глибокий залізобетонний герметичний прямокутний резервуар (3 – 6 м), обладнаний пристроями для аерації і зв'язаний з відстійником. Аеротенк розділяється перегородками на 3 – 4 коридори. Їх типи відрізняються в основному методом подавання кисню, конструкцією самого реактора та величиною завантаження. Процес очищення в аеротенку залежить від міри протікання крізь нього аерованої суміші стічної води й активного мулу.

Активний мул характеризується пластинчастою структурою і є сукупністю мікроорганізмів (нитчасті бактерії і бактерії-нітрифікатори) і найпростіших (інфузорії), які мають набір ферментів для видалення забруднень, у тому числі

й важких металів, зі стоків. Процес очищення в аеротенку являє собою безперервну ферментацію. Частинки активного мулу, утворені нитчастими бактеріями, з одного боку, формують адсорбційний скелет, навколо якого виникають флокули, а з іншого – запобігають утворенню піни та стимулюють осадження. Найпростіші, поглинаючи бактерії, знижують мутність стоків.

Нитчасті бактерії флокулювальної суміші активного мулу біохімічно руйнують органічні речовини і сприяють швидкому осадженню поллютантів у відстійниках, зокрема важких металів, з утворенням щільного мулу. Роль бактерій-нітрифікаторів (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*) зводиться до окисного перетворення відновлених форм нітрогену:



Поява в очищуваних стічних водах нітрит і нітрат-іонів свідчить про високий ступінь очищення.

На практиці застосовуються в основному дві схеми аеротенків: витискувачі і змішувачі (рис. 7, А). В аеротенку-витискувачі підтримується пробковий режим, при якому не виникає подовжнього (відносно руху потоку) перемішування. Аеротенк-змішувач конструється у вигляді коридора прямокутного перетинання. Рециркулюючий (зворотний) активний мул і вода змішуються на початку коридора, а утворювана мулова суміш адсорбує водні забруднення (рис. 7, Б).

Розділення мулової суміші після обох аеротенків проводиться за однаковим методом відстоювання у вторинних відстійниках.

Після аеротенків очищена вода потрапляє у відстійники, де осаджується активний мул для подальшого часткового повернення його в аеротенк.

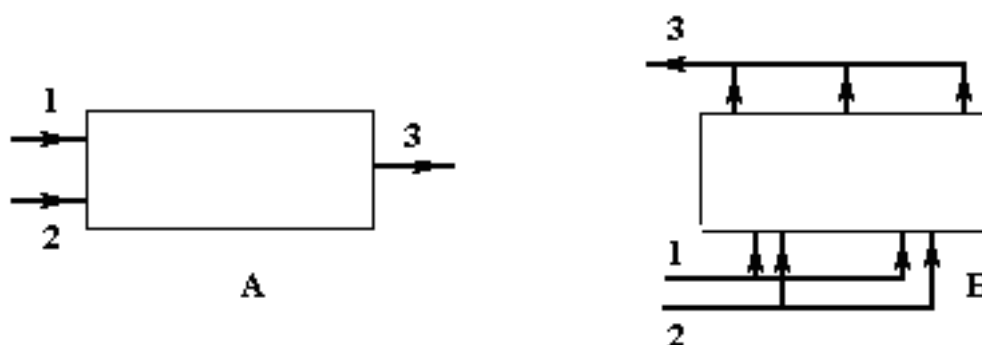


Рис. 7. Схеми аротенків:

А – витискувач; Б - змішувач;

1 – стічна вода;

2 – активний мул;

3 – мулова суміш

4. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

4.1. Розрахункове завдання

4.1.1. Дидактичні цілі

Розрахункове завдання виконується з метою:

- ♦ закріплення, поглиблення та узагальнення знань з даної дисципліни, одержаних за час навчання;
- ♦ розвитку набутих здатностей для подальшого застосування одержаних знань;
- ♦ формування умінь та навичок викладу розрахунків.

Розрахункові завдання при кредитно-модульній системі організації навчального процесу використовуються як форма контролю засвоєння певного модуля практичного заняття "Хімічні елементи в компонентах біосфери".

4.1.2. Тематика завдання

Тема визначена робочою програмою дисципліни – обчислення екологічних показників біогеохімічних аномалій.

4.1.3. Організація виконання завдання

Розрахункове завдання виконуються студентом самостійно при консультуванні викладача.

Студент повинен:

- ♦ отримати завдання;
- ♦ самостійно виконувати індивідуальне завдання з опорою на запропоновані джерела інформації;
- ♦ відвідувати консультації;
- ♦ сприймати зауваження та виконувати методичні вказівки викладача;
- ♦ своєчасно подати індивідуальне завдання на перевірку;
- ♦ довести при підсумковій співбесіді з викладачем самостійність виконання завдання.

Викладач повинен:

- ♦ видати завдання з визначеними термінами виконання;
- ♦ скласти графік консультацій (не менше ніж дві на тиждень);
- ♦ дотримуватися графіка консультацій;
- ♦ оцінити якість виконання розрахункового завдання за визначеними критеріями.

Завідувач кафедри повинен:

- ♦ організувати методичне та інформаційне забезпечення виконання індивідуальних завдань;
- ♦ контролювати виконання графіка консультацій викладачів кафедри;
- ♦ вирішувати суперечливі питання, що виникають між викладачем та студентом.

4.1.4. Основні розрахункові показники хімічного забруднення

Серед методичних засобів визначення геохімічного навантаження на ландшафтне середовище, у зв'язку з виникненням аномальних територій, широке застосування має аналіз біогеохімічних коефіцієнтів і показників. Такими є коефіцієнт концентрації або коефіцієнт аномальності хімічних елементів (K_c) і сумарний показник забруднення (Z_c).

Якщо сумарне антропогенне навантаження перевищує стійкість ландшафту та його здатність до самоочищення, виникають гострі екологічні проблеми.

Коефіцієнт концентрації хімічного елемента визначається відношенням його реального вмісту в природному компоненті до його фоновому вмісту:

$$K_{ci} = \frac{C_i}{C_{\phi}}, \quad (1)$$

де C_i – концентрація елемента в досліджуваному природному компоненті; C_{ϕ} – його природний фон (концентрація без урахування забруднення).

Сумарний показник забруднення урбанізованих територій дорівнює сумі коефіцієнтів концентрації хімічних речовин. Число елементів, які підсумовуємо, залежить від їхнього екологічного значення, від результатів аналізу та ін. (частіше підсумовують близько 15 елементів, головним чином важких металів):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n-1), \quad (2)$$

де n – загальна кількість врахованих хімічних елементів (сумуються значення $K_{ci} \geq 1$).

4.1.5. Приклад розрахунку

В табл. 1 подано результати хімічного аналізу проб ґрунтів у 10-х дослідних точках урбанізованої території. Встановлювалася концентрація 13 важких металів, які є найбільш токсичними для всіх живих організмів.

1. Обчислити коефіцієнти концентрації мікроелементів, використовуючи показник місцевого фону (табл. 2) та вмісту мікроелементів у ґрунтах міста (табл. 1).

2. На підставі отриманих даних розрахувати сумарні показники забруднення (Z_c) ґрунтів міста та визначити рівень небезпеки забруднення у 10-х точках території. Результати оформити у відповідну таблицю (див. табл. 3).

3. Отримані дані проаналізувати і зробити висновки.

Таблиця 1 – Вміст мікроелементів у ґрунтах міста (мг/кг)

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	32	800	32	320	1,5	5	3200	630	250	20	4	1,5	32
2	100	1200	500	120	1,2	5	5000	500	80	25	8	1,2	50
3	80	800	320	120	1,2	25	3200	630	80	20	8	1	40
4	25	630	80	250	2	5	2500	800	63	20	4	1,2	15
5	100	400	63	100	2,5	6,3	6300	800	800	50	12	3,2	63
6	200	400	150	120	2,5	25	6300	1000	80	32	10	1,2	63
7	25	250	50	80	2	5	5000	800	80	32	12	1,5	80
8	100	500	40	250	2,5	8	5000	1000	320	40	12	3,2	50
9	25	150	32	120	2,5	4	6300	800	320	40	12	2,5	80
10	8	63	25	200	1,5	1,5	4000	630	500	32	10	2,5	50

Таблиця 2 – Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах досліджуваної території

Елемент	Фон, мг/гк	Елемент	Фон, мг/кг
Олово	3	Ванадій	50
Цинк	100	Хром	80
Титан	5520	Молібден	2
Нікель	35	Кобальт	12
Берилій	3,5	Манган	800
Мідь	30	Свинець	20
Стронцій	120		

**Таблиця 3 – Коефіцієнти концентрації мікроелементів (Kc)
та сумарний показник забруднення ґрунтів (Zc) урболандшафтів**

№	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V	Zc	Рівень небезпеки забруднення на території
1	1,6	8	1,1	2,7	0,4	1,7	0,6	0,8	3,1	0,6	0,3	0,8	0,6	13,2	Допустимий
2	5	12	16,7	1	0,3	1,7	0,9	0,6	1	0,7	0,7	0,6	1	32,4	Небезпечний
3	4	8	10,7	1	0,3	8,3	0,6	0,8	1	0,6	0,7	0,5	0,8	28	Помірно неб.
4	1,3	6,3	2,7	2,1	0,6	1,7	0,5	1	0,8	0,6	0,3	0,6	0,3	10,1	Допустимий
5	5	4	2,1	0,8	0,7	2,1	1,1	1	10	1,4	1	1,6	1,3	20,6	Помірно неб.
6	10	4	5	1	0,7	8,3	1,1	1,3	1	0,9	0,8	0,6	1,3	25	Помірно неб.
7	1,3	2,5	1,7	0,7	0,6	1,7	0,9	1	1	0,9	1	0,8	1,6	4,8	Допустимий
8	5	5	1,3	2,1	0,7	2,7	0,9	1,3	4	1,1	1	1,6	1	16,1	Помірно неб.
9	1,3	1,5	1,1	1	0,7	1,3	1,1	1	4	1,1	1	1,3	1,6	6,3	Допустимий
10	0,4	0,7	0,8	1,7	0,4	0,5	0,7	0,8	6,3	0,9	0,8	1,3	1	7,3	Допустимий

Слід зауважити, що при $Z_c < 16$ – рівень небезпеки забруднення на територіях оцінюється як **допустимий**; при $16 < Z_c < 32$ – **помірно небезпечний**; при $32 < Z_c < 128$ – **небезпечний**; при $Z_c > 128$ – **надзвичайно небезпечний**.

Висновок

Таким чином, у табл. 3 для зразка № 2 спостерігається "небезпечний" рівень забруднення ґрунтів важкими металами. Зразки № 3, 5 і 6 характеризуються "помірно небезпечним" рівнем, решта проб ґрунтів має "допустимий" рівень небезпеки забруднення.

4.1.6. Вихідні дані для розрахунків за варіантами

Вміст мікроелементів у ґрунтах міста (мг/кг)

Варіант № 1

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	52	220	60	220	2,5	6,9	3500	400	73	30	6,1	10,1	25
2	23	140	50	70	1,8	3,2	2000	900	500	50	11,5	2,9	70
3	34	480	70	100	1,7	6,1	5300	800	120	22	10,3	1,8	90
4	30	510	42	190	1,9	3,5	3000	600	160	45	5,1	1,8	35
5	52	190	50	150	1,3	6,3	6000	900	150	35	65,8	1,7	40

Варіант № 2

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	40	300	45	100	2,4	5,2	4000	700	510	52	9,9	4,8	73
2	25	320	36	50	2,6	9,6	3500	1100	560	38	11,5	3,5	83
3	27	400	38	200	2,2	2,9	4500	620	640	30	6,5	5,9	33
4	63	250	42	110	3,1	4,4	6100	1100	180	29	11,4	4,8	50
5	65	100	25	150	2,3	1,3	2900	400	450	19	6,4	5,7	25

Варіант № 3

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	34	750	62	300	1,7	5,5	3400	530	200	25	5,2	1,9	35
2	110	990	400	170	1,2	5,9	4900	700	90	29	8,2	1,9	55
3	78	850	220	110	1,4	2,4	3500	830	70	22	6,1	1,5	45
4	27	600	100	250	1,9	4,8	4300	900	66	26	3,5	1,7	19
5	108	410	69	80	2,6	6,1	5800	850	680	48	11,9	3,5	64

Варіант № 4

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	35	800	30	350	1,5	4,5	4400	630	200	25	5,4	0,9	35
2	100	1200	500	190	1,3	3,9	5900	700	110	32	8,2	0,9	50
3	80	900	320	190	1,2	14	2500	830	90	22	6,1	1,5	45
4	30	630	85	340	1,6	5,8	6300	900	66	26	3,5	1,7	20
5	90	450	63	60	2,2	5,1	5800	450	580	49	11,7	5,5	64

Варіант № 5

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	150	110	89	310	1,8	5,2	3450	550	250	20	5,1	1,5	30
2	15	170	26	180	1,5	5,5	4950	750	95	20	8,5	1,4	50
3	10	670	34	120	1,6	2,7	3550	850	75	23	6,4	1,6	40
4	39	810	168	260	1,7	4,8	4350	950	60	24	3,4	1,4	20
5	46	610	69	90	2,7	6,1	5850	860	650	47	11,4	3,7	70

Варіант № 6

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	64	675	30	355	1,8	4,0	4450	635	220	15	5,5	5,9	45
2	75	250	500	195	1,5	1,2	5950	705	150	12	8,5	1,9	40
3	85	70	320	195	1,5	14,3	2550	835	95	12	6,5	2,5	35
4	92	130	85	345	1,5	5,2	6350	905	65	16	3,4	2,7	50
5	210	480	63	65	2,5	5,2	5850	455	585	59	11,3	3,5	24

Варіант № 7

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	55	200	61	230	1,5	2,9	2000	410	70	10	6,5	10,2	22
2	25	143	52	79	0,8	2,2	2100	910	510	20	95,6	2,2	72
3	35	485	73	160	6,7	3,1	5100	810	110	32	12,0	1,2	92
4	35	515	44	150	3,9	5,5	3100	610	110	55	5,6	1,3	32
5	55	195	55	170	5,3	4,3	6100	910	120	45	60,4	1,2	42

Варіант № 8

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	65	120	50	78	2,5	6,7	1400	300	20	15	12	11,0	25
2	23	130	40	80	2,0	4,0	4000	800	400	40	12	2,3	85
3	32	500	80	200	2,7	8,1	5100	500	220	32	10,0	6,0	150
4	55	600	32	300	0,9	2,5	3000	300	60	65	5,8	5,0	39
5	50	200	44	350	2,3	4,3	6500	350	250	25	65,0	2,0	49

Варіант № 9

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	52	220	60	220	2,5	6,9	3500	400	73	30	6,1	10,1	25
2	23	140	50	70	1,8	3,2	2000	900	500	50	11,5	2,9	70
3	34	480	70	100	1,7	6,1	5300	800	120	22	10,3	1,8	90
4	30	510	42	190	1,9	3,5	3000	600	160	45	5,1	1,8	35
5	52	190	50	150	1,3	6,3	6000	900	150	35	65,8	1,7	40

Варіант № 10

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	45	210	48	115	1,4	6,1	2400	400	60	27	6	10	20
2	23	120	40	80	2	4	4000	800	400	40	12	2	80
3	32	500	80	200	2,7	8,1	5100	900	220	32	10,9	6,8	100
4	35	600	32	290	0,9	2,5	3000	500	60	65	5,8	5,8	35
5	50	200	44	350	2,3	4,3	6500	600	250	25	65,6	2,7	40

Варіант № 11

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	34	750	62	300	1,7	5,5	3400	530	200	25	5,2	1,9	35
2	110	990	400	170	1,2	5,9	4900	700	90	29	8,2	1,9	55
3	78	850	220	110	1,4	2,4	3500	830	70	22	6,1	1,5	45
4	27	600	100	250	1,9	4,8	4300	900	66	26	3,5	1,7	19
5	108	410	69	80	2,6	6,1	5800	850	680	48	11,9	3,5	64

Варіант № 12

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	35	800	30	350	1,5	4,5	4400	630	200	25	5,4	0,9	35
2	100	1200	500	190	1,3	3,9	5900	700	110	32	8,2	0,9	50
3	80	900	320	190	1,2	14	2500	830	90	22	6,1	1,5	45
4	30	630	85	340	1,6	5,8	6300	900	66	26	3,5	1,7	20
5	90	450	63	60	2,2	5,1	5800	450	580	49	11,7	5,5	64

Варіант № 13

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	150	110	89	310	1,8	5,2	3450	550	250	20	5,1	1,5	30
2	15	170	26	180	1,5	5,5	4950	750	95	20	8,5	1,4	50
3	10	670	34	120	1,6	2,7	3550	850	75	23	6,4	1,6	40
4	39	810	168	260	1,7	4,8	4350	950	60	24	3,4	1,4	20
5	46	610	69	90	2,7	6,1	5850	860	650	47	11,4	3,7	70

Варіант № 14

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	64	675	30	355	1,8	4,0	4450	635	220	15	5,5	5,9	45
2	75	250	500	195	1,5	1,2	5950	705	150	12	8,5	1,9	40
3	85	70	320	195	1,5	14,3	2550	835	95	12	6,5	2,5	35
4	92	130	85	345	1,5	5,2	6350	905	65	16	3,4	2,7	50
5	210	480	63	65	2,5	5,2	5850	455	585	59	11,3	3,5	24

Варіант № 15

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	55	200	61	230	1,5	2,9	2000	410	70	10	6,5	10,2	22
2	25	143	52	79	0,8	2,2	2100	910	510	20	95,6	2,2	72
3	35	485	73	160	6,7	3,1	5100	810	110	32	12,0	1,2	92
4	35	515	44	150	3,9	5,5	3100	610	110	55	5,6	1,3	32
5	55	195	55	170	5,3	4,3	6100	910	120	45	60,4	1,2	42

Варіант № 16

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	65	120	50	78	2,5	6,7	1400	300	20	15	12	11,0	25
2	23	130	40	80	2,0	4,0	4000	800	400	40	12	2,3	85
3	32	500	80	200	2,7	8,1	5100	500	220	32	10,0	6,0	150
4	55	600	32	300	0,9	2,5	3000	300	60	65	5,8	5,0	39
5	50	200	44	350	2,3	4,3	6500	350	250	25	65,0	2,0	49

Варіант № 17

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	52	220	60	220	2,5	6,9	3500	400	73	30	6,1	10,1	25
2	23	140	50	70	1,8	3,2	2000	900	500	50	11,5	2,9	70
3	34	480	70	100	1,7	6,1	5300	800	120	22	10,3	1,8	90
4	30	510	42	190	1,9	3,5	3000	600	160	45	5,1	1,8	35
5	52	190	50	150	1,3	6,3	6000	900	150	35	65,8	1,7	40

Варіант № 18

№ точки дослідження	Pb	Zn	Cu	Sr	Be	Sn	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	V
1	190	430	160	130	2,4	19	6200	900	70	38	12	1,5	60
2	27	290	40	90	2,1	4,6	4700	750	90	36	11,7	1,4	90
3	99	480	60	220	2,4	8,1	5200	1200	350	45	11,8	3,1	60
4	21	180	52	100	2,6	6,7	6100	860	340	44	11,6	2,9	70
5	12	69	35	150	1,1	1,8	5000	670	400	38	9,8	2,7	55

4.2. Написання реферату

4.2.1. Дидактичні цілі реферату

З метою закріплення самостійно опанованого інформаційного матеріалу з даної дисципліни студентам запропоновано написання рефератів.

Дидактичними цілями реферату є формування:

- результатів аналітичних оглядів джерел інформації щодо впливу важких металів на довкілля;
- умінь самостійно аналізувати різні екологічні проблеми дії токсичних металів на живі організми та обирати методи, що дозволять уникнути їх негативного впливу;
- умінь самостійно систематизувати, класифікувати та узагальнювати дані доцільності використання природоохоронних заходів.

Теми рефератів присвячуються найбільш актуальним питанням дисципліни "Хімія з основами біогеохімії". В рефераті необхідно висвітлити предмет та задачу досліджень, аналіз і узагальнення джерел інформації щодо обраної теми, зіставлення поглядів на проблему різних авторів, визначення та аргументацію власної позиції.

Студент має право вибрати власну тему реферату за узгодженням з викладачем.

Перелік тем рефератів

1. Умовна класифікація важких металів у біосфері.
2. Принципи масообміну важких металів в об'єктах біосфери.
3. Загальні закономірності циклів розподілення мас важких металів у біосфері.
4. Антропогенні джерела важких металів в Україні.
5. Біогеохімічні аномалії важких металів на урбанізованих територіях Дніпропетровської області.
6. Екологічні наслідки біогеохімічних аномалій важких металів в Україні.
7. Екологічні наслідки трансформації важких металів у ґрунтах.
8. Регулююча роль педосфери у забезпеченні стійкості біосфери до потрапляння важких металів.
9. Вплив критичних рівнів важких металів на живі організми.
10. Методи, які дозволяють зменшувати антропогенний вплив важких металів на довкілля.
11. Роль рослинних організмів в очищенні атмосферного повітря від важких металів.
12. Важкі метали – чинники біогеохімічних ендемій.
13. Екологічні наслідки наявності в біосфері важких металів-біоцидів з промислових відходів.
14. Водна міграція важких металів у біологічному кругообігу.

15. Небезпека наявності важких металів у стічних водах.
16. Ефективні методи очищення ґрунтів від важких металів.
17. Екологічні переваги біологічних методів видалення важких металів з об'єктів навколишнього середовища.
18. Біотехнологічні методи рекультивації земель, що забруднені важкими металами.
19. Біохімічні принципи очищення промислових стічних вод.
20. Екологічна роль важких металів як біогенних елементів у біосфері.
21. Характеристика основних процесів міграції важких металів у біосфері.
22. Форми знаходження важких металів у природних водах.
23. Глобальні цикли масообміну найбільш небезпечних важких металів-токсикантів.
24. Основні чинники довкілля, які впливають на міграційну активність важких металів.
25. Геохімічні та географічні особливості присутності важких металів у біосфері.
26. Жива речовина і важкі метали.
27. Роль людського фактора в біогеохімічному кругообігу важких металів-токсикантів.
28. Вплив важких металів на агроценози.
29. Технофільність важких металів.

4.2.2. Організація написання реферату

Реферат виконується студентом самостійно за консультаціями викладача.

Студент при виконанні реферату повинен:

- ♦ отримати завдання;
- ♦ самостійно підготувати реферат з опорою на методичне та інформаційне забезпечення;
- ♦ систематично відвідувати консультації;
- ♦ сприймати зауваження та оперативно виконувати методичні вказівки керівника;
- ♦ своєчасно подати реферат на перевірку керівнику.

Викладач повинен:

- ♦ видати тему реферату та завдання з визначеними термінами виконання;
- ♦ контролювати підготовку реферату;
- ♦ скласти графік консультацій (не менше ніж дві на тиждень);
- ♦ дотримуватися графіка консультацій;
- ♦ перевірити та оцінити якість реферату.

4.2.3. Структура реферату та загальні вимоги до складових

Вступна частина:

- ♦ титульний аркуш;
- ♦ зміст;
- ♦ вступ.

Основна частина:

- ♦ розділи реферату;
- ♦ висновки;
- ♦ перелік посилань.

Додатки

Загальні вимоги до оформлення:

- роботу оформлюють на аркушах формату А4 за допомогою комп'ютерного набору;
- текст друкують через 1,5 інтервала шрифтом Times New Roman, додержуючись таких розмірів полів аркуша: верхній, нижній, лівий і правий – 20 мм;
- розділи і підрозділи повинні мати заголовки;
- сторінки номерують арабськими цифрами, додержуючись наскрізної нумерації протягом усього тексту (титульний аркуш не нумерується);
- загальний обсяг реферату – 15–20 сторінок.

Титульний аркуш виконується відповідно до зразка, що поданий у додатку.

Зміст реферату розташовують з нової сторінки і до нього включають послідовно перелічені назви всіх розділів та підрозділів.

Вступ розташовують з нової сторінки. Вступ містить обґрунтування практичної та теоретичної актуальності проблеми, зазначеної для вивчення. У вступі необхідно сформулювати основне питання дослідження та цілі й завдання, які витікають з нього.

Основні розділи. В результаті пошуку, опрацювання та аналізу джерел інформації на обрану тему викладають текст реферату. Розділи повинні бути об'єднані загальною метою, органічно пов'язані між собою. При написанні тексту доцільно опрацювати специфічні терміни, використовуючи спеціальні словники. В тексті реферату необхідно вживати терміни, властиві даній науці, уникаючи незвичних понять і символів, складних граматичних зворотів.

Основними вимогами до тексту реферату є структурованість, лаконізм і логічна послідовність викладу матеріалу, ясність та чіткість мови, відсутність складних зворотів та граматичних помилок.

Доцільно включати до реферату рисунки, схеми та таблиці, якщо вони допомагають розкрити основний зміст проблеми та скорочують обсяг реферату.

Висновки. У висновках послідовно подаються підсумки щодо вирішення завдань, сформульованих у вступі, тобто подається самооцінка ступеня досягнення мети реферативної роботи. Висновки мають відповідати поставленим завданням.

Перелік посилань (перелік джерел, на які є посилання в основній частині) наводять з нової сторінки. Бібліографічні описи в переліку посилань подають у порядку, за яким вони вперше згадуються в тексті реферату. Порядкові номери описів у переліку є посиланнями в тексті (номерні посилання).

Додатки. У додатках подають матеріал, який є необхідним для повноти реферату і не може бути розміщений в основній частині через великий обсяг (додаткові ілюстрації або таблиці, додатковий перелік джерел, що може викликати інтерес).

Бібліографічний список. Подається перелік джерел інформації, що рекомендовані для підготовки реферату.

4.2.4. Критерії оцінювання реферату

Робота оцінюється на **відмінно**: якщо студент залучив до аналізу першоджерела і зміст реферату відповідає обраній темі, виявив достатні знання та уміння у повному обсязі при виконанні індивідуального завдання, виявив додаткові знання на рівні їх творчого використання; якщо помітно якість оформлення, самостійність виконання, структурованість, лаконізм і логічну послідовність викладу матеріалу, ясність та чіткість мови, у роботі немає складних зворотів та граматичних помилок, власні висновки відповідають завданню реферату.

Робота заслуговує на оцінку **добре**: якщо студент залучив до аналізу першоджерела і зміст реферату відповідає обраній темі, виявив достатні знання та уміння у повному обсязі при виконанні індивідуального завдання; помітна якість оформлення, самостійність виконання, структурованість викладу матеріалу, ясність та чіткість мови, відсутність граматичних помилок, власні висновки відповідають завданню реферату.

Робота оцінюється на **задовільно**: якщо в поданому матеріалі реферату є суттєві змістовні та лексичні недоліки, текст немає чіткого логічного викладення, багато граматичних помилок, студент виявив знання та уміння за програмним матеріалом, але без достатнього логіко-аналітичного осмислення.

Робота заслуговує на оцінку **незадовільно**: якщо написаний студентом матеріал не відповідає темі, допущені принципові змістовні та лексичні помилки при виконанні завдання, студент не виявив певних знань та умінь за програмним матеріалом.

Перелік рекомендованої літератури

1. Добровольский, В.В. Основы биогеохимии [Текст]: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Добровольский. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
2. Безуглова, О.С. Биогеохимия [Текст]: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / О.С. Безуглова. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – 320 с. (Серия «Учебники, учебные пособия»).
3. Хімія з основами біогеохімії [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів / О.В. Маницька, О.В. Новохатько, В.І. Орел та ін. – Кривий Ріг: Мінерал, 2007. – Ч. 1. – 554 с.
4. Гуцуляк, В.М. Геохімія ландшафту [Текст]: навч. посібник / В.М. Гуцуляк. – Чернівці: Рута, 2004. – 84 с.
5. Гуцуляк, В.М. Ландшафтна екологія: Геохімічний аспект [Текст]: навч. посібник / В.М. Гуцуляк. – Чернівці: Рута, 2002. – 272 с.
6. Єгорова, Т.М. Ландшафтна екологія (географічні та геохімічні аспекти) [Текст]: конспект лекцій / Т.М. Єгорова. – К.: НАУ, 2002. – 76 с.
7. Биогеохимия: экологические аспекты [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.И. Кораблева, Л.Г. Чесанов, А.Г. Шапарь и др. – Д.: Днепррост, 2005. – 228 с.
8. Перельман, А.И. Геохимия ландшафта [Текст] / А.И. Перельман. – М.: Высш. шк., 1975. – 241с.
9. Перельман, А.И. Биокосные системы Земли [Текст] / А.И. Перельман. – М.: Наука, 1977. – 106 с.
10. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почве и растениях [Текст] / Ю.В. Алексеев. – Л.: Наука, 1987. – 201 с.
11. Бурдин, К.С. Тяжелые металлы в водных растениях (аккумуляция и токсичность) [Текст] / К.С. Будрин, Е.Ю. Золотухина. – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 202 с.
12. Гуральчук, Ж.З. Надходження та детоксикація важких металів у рослинах. Живлення рослин: теорія і практика [Текст] / Ж.З. Гуральчук. – К.: Логос, 2005. – С. 438 – 475.
13. Жовинский, Э.Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины [Текст] / Э.Я. Жовинский, И.В. Кураева. – К.: Наук. думка, 2002. – 214 с.

Додаток
Зразок титульного аркуша реферату

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Державний вищий навчальний заклад
"НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ"

ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра екології

РЕФЕРАТ
з дисципліни **"Хімія з основами біогеохімії"**

"ТЕМА"

Виконавець студент(ка) _____
П.І.Б., шифр групи

Керівник _____
П.І.Б., посада, науковий ступінь

Дніпропетровськ
2012

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
2. ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ПРИСУТНОСТІ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У БІОСФЕРІ.....	4
3. МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	9
3.1. Метод використання гумінових речовин для регуляції вмісту важких металів у ґрунтах.....	9
3.2. Біотехнологічні методи відновлення біогеохімічного балансу важких металів у біосфері.....	11
4. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	15
4.1. Розрахункове завдання.....	15
4.1.1. Дидактичні цілі.....	15
4.1.2. Тематика завдання.....	15
4.1.3. Організація виконання завдання.....	15
4.1.4. Основні розрахункові показники хімічного забруднення	16
4.1.5. Приклад розрахунку.....	16
4.1.6. Вихідні дані для розрахунків за варіантами.....	19
4.2. Написання реферату.....	23
4.2.1. Дидактичні цілі реферату.....	23
4.2.2. Організація написання реферату.....	24
4.2.3. Структура реферату та загальні вимоги до складових...	25
4.2.4. Критерії оцінювання реферату.....	26
Перелік рекомендованої літератури.....	27
Додаток.....	28

Горова Алла Іванівна
Лисицька Світлана Майорівна
Павличенко Артем Володимирович
Клімкіна Ірина Іванівна
Федотов Вячеслав Вікторович

ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ
МЕТОДИЧНО-ІНФОРМАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

до самостійного вивчення дисципліни та виконання індивідуальних завдань
для студентів напряму підготовки
6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування

Редактор Ю.В. Рачковська

Підписано до друку 18.04.2012. Формат 30 x 42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,6.
Обл.-вид. арк. 1,6. Тираж 100 пр. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.